

## AZ AKNASZLATINAI-SÓKARSZT FELSZÍNALAKTANI VIZSGÁLATA

### GEOMORPHOLOGICAL INVESTIGATION OF THE AKNASZLATINA SALT KARST (UKRAJNA)

MÓGA JÁNOS<sup>1</sup> – LIPPMAN LÁSZLÓ – TOMBOR ESZTER – FEHÉR  
KATALIN – KÉRI ANDRÁS – BORSODI ANDREA

ELTE Természetföldrajzi Tanszék 1117. Budapest, Pázmány P. sétány 1./C

[jmoga@freemail.hu](mailto:jmoga@freemail.hu)

*Abstract:* In our study we summarized the research results of the landforms developed through karstic processes on the Aknaszlátina (Solotvyno) salt karst. By the help of fieldwork and through the analyses of satellite images, with the use of GIS, we determined the position of salt mines created in previous centuries and we analyzed the natural and anthropogenic effects which played a role in the fast changes in salt karst morphology (collapses, karren fields, development of salt lakes). The largest landforms of salt karst are the collapsed dolines of a diameter between 180-230 m and a depth about 30-40 m, which were created through the fracture of chambers of the earlier salt mines. The main impact in their development was played by the floods of the Tisza breaking in into the mines and the solution effect of surface and subsurface water on rock salt. The less sized dolines were formed in pebbles. Open karst reliefs, karren fields were formed only in the bottom of the largest collapsed dolines, but due to the fast solution of salt rock their appearance is variable (rills, rines, kamenitza, etc). Within the scope of our study it became evident that the surface of salt karst is exposed to continuous change, new disruptions are created even today endangering the buildings and establishments of Faluszlátina village.

### Bevezetés

Azokon a helyeken, ahol a sóközetek (gipsz, anhidrit, kősó) a felszín közelében vannak, hasonló felszínformák alakulnak ki, mint a karbonátos kőzetekből álló karsztokon, különböző karrformák, víznyelők, dolinák, vakvölgyek és poljék egyaránt előfordulhatnak. Éppen ezért az evaporit karsztokon kialakult formák nevezéktana lényegében megegyezik a karbonátos kőzeteknél használt nevekkal és kifejezésekkel (FORD – WILLIAMS 2007, VERESS 2004, WALTHAM et al. 2004). A föld eltérő éghajlatú területein található sóközeteken végbemenő oldási folyamatokkal és a rajtuk kialakuló formák kutatásával számos tanulmány foglalkozik, amelyek rámutatnak a karbonátos kőzetekétől eltérő morfológiai különbségekre is (BALÁZS 1990, FORD – WILLIAMS 2007, FILIPPI et al. 2011, GUTIÉRREZ et al. 2014, JAKUCS 1971, MACALUSO – SAURO 1996, MADONIA. – SAURO 2009, VERESS 2004, VERESS et al. 2011, WARREN, J. K. 2006, ZÁMBÓ 1992,

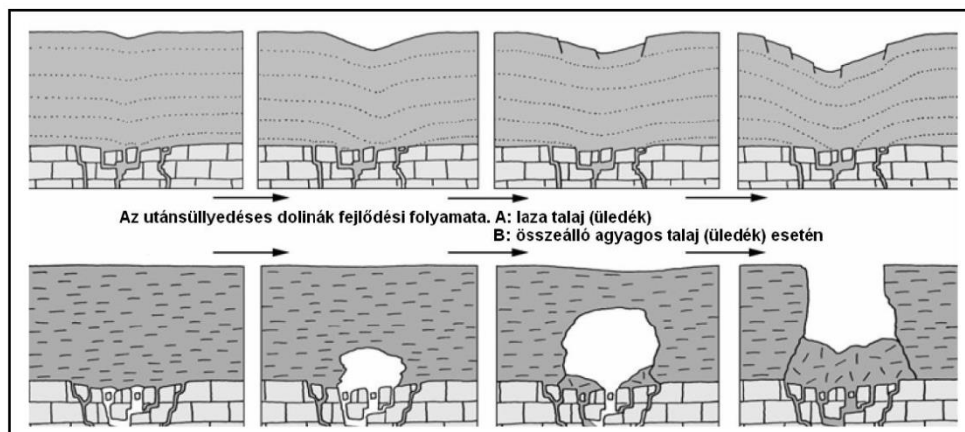
ZENTAI 1994). Hangsúlyozzák az éghajlat szerepét, amely alapvetően meghatározza a karsztos táj jellemzőit, a formák méretét és a formakincs változatosságát is. A csapadékos területek intenzív oldási folyamatai hamar felémésztik a sóközetet, ha az felszínre kerül, a száraz területeken a formák változatosabbak és időt állóbbak. A csapadékos területeken, így a Kárpát-medencében is lényegében csak a fedőrétegek alatt maradhatnak meg hosszabb időn át a felszínre vagy felszín közelébe emelkedett sóközetek, így főleg a fedett karsztos jelenségek jellemzik, a nyílt karsztok kis területen fordulnak elő, és gyorsan változik a formakincsük (VERESS 2004, VERESS et al. 2011, ZÁMBÓ 1992, ZENTAI 1994).

Az utánsüllyedések (szuffóziók), az oldásos és a szakadék dolinák gyorsabban fejlődnek, és nagyobb sűrűségben fordulnak elő az evaporit kőzetek felszínén, mint a karbonátos kőzeteken (WALTHAM et al. 2004, VERESS 2004, WARREN, J. K. 2006). Az utánsüllyedések (szuffóziók) töbrök az evaporit karsztok leggyakoribb formái, kisebb méretűek (1-5 m átmérőjű), talajjal és üledékekkel vannak fedve vagy legalább részben kitöltve, amelyet az eső vagy az áradások vize mosott be a repedésekbe. Ezek arra utalnak, hogy az oldódó só tömege közel van a felszínhez. Ahol a gyorsan oldódó evaporit közöttömegben magas a nem oldódó szennyező anyagok (főleg agyag és iszap) aránya, olyan oldhatatlan maradék keletkezik, amely gyorsan növekedő méretű takarót képez a sóközet tetején. Ezt fedőréteget vagy kérget folyamatosan aláássa a sekély mélységben elhelyezkedő sótörményben végbemenő gyors oldás, üregesedés. Az üregesedés a felszín behorpadását, folyamatos süllyedését eredményezi. Az oldási maradék törmeléke bemosódik a kialakuló szuffóziós dolina hasadékaiba, amely létrehozza asóközeteken a jellegzetes talajjal borított gödrös tájat. Ahol félig összeálló agyagos üledékek borítják a sóközeteket, ott bezökkenéses (dropout) töbrök jönnek létre (WALTHAM et al. 2004, FORD – WILLIAMS 2007, 1. ábra)

Az oldásos (süllyedéssel kialakult subsidens) töbrök közepes vagy nagy méretűek, tál alakú, oldási folyamatokat kísérő süllyedéssel kialakult mélyedések. A szakadékdolináknál és a szuffóziós és bezökkenéses töbröknél kisebb hajlású lejtők határolják, amelyeket általában nem sóközet, hanem üledékek alkotnak. A szálban álló sóközet mélyebben (általában több tíz méter) helyezkedik el a felszín alatt.

A szakadéktöbrök az oldással kialakult üregek mennyezetének beomlásával alakulnak ki. Akkor jönnek létre, amikor az oldás a sóközetben akkora üreget hoz létre, hogy már többé nem képes megtartani a fedő kőzetrétegek és/vagy a regolit terhelését. A dolina falai gyakran függőlegesek vagy aláhajlók, néha aszimmetrikusak; egyik fal meredek, a másik a szeli-

debb. A beomlott tető közettörmeléke vagy törmelékbreccsabeboríthatja a dolina alját.



1. ábra: A felső ábrásor (A) a homokos, nem összeálló laza talajokban és üledékekben végbemenő süllyedési folyamatot, az utánsüllyedéssel vagy szuffúziós dolinák képződésének folyamatát, az alsó ábrásor (B) az összeálló agyagos talajok és üledékek lezökkenési folyamatát, a lezökkenéssel vagy dropout dolinák kialakulását mutatja be. Waltham, et al. 2005. nyomán.

Fig. 1: Sequences of progressive development of subsidence sinkholes represented by stages of two end of morphologies, forming by perfect particulate suffusion in a non-cohesive sandy soil (A above) and by dropout over an expanding soil cavity in a cohesive clay (B below). After Waltham et al. 2004.

Ahol a gipsz vagy kősó felszínre bukkan egy erősen tagolt karos térszín alakul ki, amelyen különféle karrformák alakulnak ki. A vízszintes vagy kis lejtésű területek felszínébe madáritató formák mélyülnek, a karrbarázdák és vályuk között csúcskarok emelkednek. A lejtők tetejéről lejjebb kiékelődő rillenkarok (rovátkakarr) és néhány cm-től a deciméteres szélességet és mélységet elérő vályuk (rinnenkarr vagy vályukarr) vezeti le a csapadékból származó vizeket. A szakadékdolinák függőleges vagy meredek sókőzetből álló falain gyakoriak a falikarok (MACALUSO – SAURO 1996, VERESS et al. 2011, WARREN, J. K. 2006, ZENTAI 1994). A vízben oldott só kedvező feltételek között (főleg a forró és száraz területeken) különféle másodlagos sókiválásokat hoz létre (FILIPPI et al 2011).

A Kárpátok és Kárpát-medence sókarsztos térszíneinek a formakincséről és morfogenetikájáról viszonylag kevés tanulmány született idáig (ZENTAI 1994, VERESS et al 2011), pedig az egykori sóbányák helyén és a felszíni sókibúvásokon különleges sókarsztos felszínformák alakultak ki, néhol a bennük kialakult tavas szakadékdolinákban, barlangi és felszíni patakok tömény sóoldataiban extrém vizes élőhelyek találhatók. A világviszonylatban is különleges morfológiájú, extrém élőhelyi körülményeket

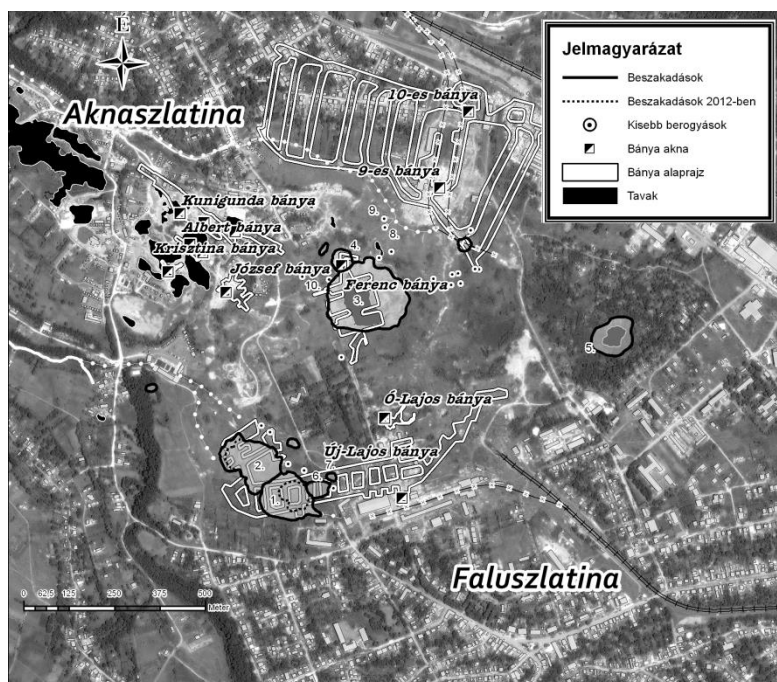
hordozó sókarsztok kutatása mind a földtudományok, mind a biológiai, mikrobiológiai kutatások szempontjából ígéretes kutatási terület.

E tanulmányunk az aknaszlatinai sóbányák környezetében 2014-15-ben a sókarsztos jelenségeken végzett kutatásának eredményeit foglalja össze.

### **Alkalmazott módszerek**

Irodalmi adatok, régi térképek és terepbejárások során az egykori aknaszlatinai sóbányák helyének meghatározása volt elsődleges célunk. A sóbányák beomlásával létrejött berogyások (dolinák) helyének rögzítését, morfológiai vizsgálatát térinformatikai módszerrel végeztük. A vizsgálat-hoz a GoogleEarth által a területről elérhető 2012 és 2014 között készült négy műholdkép rétegét használtuk fel. Az elérhető legjobb felbontás 0,5 méter/pixelmár lehetővé teszi a meglévő tereptárgyak pontos beazonosítását, a beszakadások pontos lehatárolását. További forrásunk a területről származó, különböző korú bányászati helyszínrajzok voltak. A vetületi illesztést ArcMap 10.3-as térinformatikai programban a Google műholdas felvételein végeztük el. A műholdképeken fellelhető régi, még beazonosítható műtárgyak és a helyszínrajzokon lévő objektumok közös pontjaira (bányaakna, egyes épületek sarokpontjai stb.) tudtuk a helyszínrajzokat vetületi rendszerbe forgatni, így azok pontos fedésbe kerültek a műholdképekkel. Az egymáson lévő rétegekből ez után került sor a felszín digitalizálására, a beszakadások, apró berogyások, bányák alaprajzai és aknáinak felvételére. Adolinák terepi felmérésebányász kompasszal és GPS-el történt. A többi térképek és karszelvevények szerkesztése Map Viewer 4 szoftverrel történt. A nagy méretű szakadékdolinák morfológiai jellemzőit Global Mapper 15 segítségével határoztuk meg. A sókarokmorfológiai vizsgálatánál egy új módszert próbáltunk ki. A régészek, művészettörténészek által már régóta használt ún. profilfésűt alkalmaztuk a karrformák alakjának és méretének meghatározására. Az alkalmazott eszköz 30 cm széles, fésűre emlékeztető eszköz, aminek a fogai nincsenek a kerethez rögzítve. Az általunk használt profilfésű fogainak a mérete 10 cm, emiatt a 10 cm-nél nem mélyebb karrformák profiljának levételére alkalmas. A 90 fog/10 cm sűrű, elcsúsztatható acéltűkből álló fogazat ráilleszthető a karrformákra, a fogak felül kirajzolják a karrformák profilját. A tűk helyzete rögzíthető, az így kapott kontúr vagy profil könnyen ábrázolható mm papírra.

### **Az aknaszlatinai sóbányászat történetének rövid áttekintése**

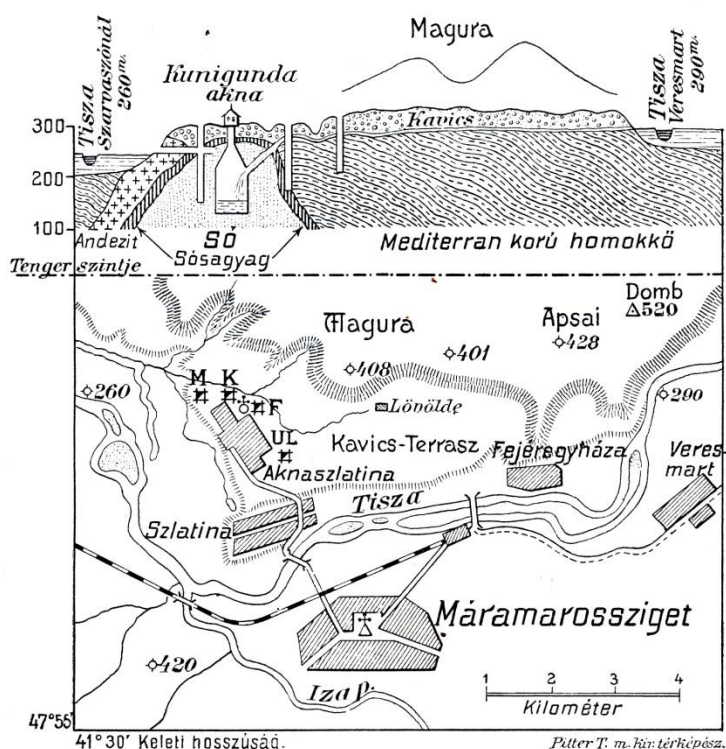


2.ábra: Az Aknaszlatinai-sókarszt területe: A számok a vizsgált töbröket (dolinákat) jelölik. 1. Új-szakadék, 2. Nagy-szakadék, 3. Ferenc bányá tavas szakadékdolinája, 4. Ferenc bányá 2. szakadékdolinája, 5. A Fekete-mocsár szakadékdolinája, 6. Faluszlátina melletti beszakadás, 7. Szent János kápolna melletti beszakadás, 8. Tavas-dolina, 9. Víznyelővé átalakult szakadékdolina, 10. Fiatal szakadékdolina

Fig.2: The area of Aknaszlatina salt karst: Each number indicates the examined dolines. 1. Új-szakadék, 2. Nagy-szakadék, 3. Collapse doline with lake in former Ferenc mine, 4. The 2<sup>nd</sup> collapse doline of Ferenc mine, 5. Collapse doline of Fekete-moor, 6. Collapse doline next to Faluszlátina, 7. Collapse doline next to Szent János chapel, 8. Tavas(Lake) doline, 9. Collapse doline transformed into a swallow hole, 10. Young collapse doline.

A kősó a Kárpátok és a Kárpát-medence egyik legértékesebb ásványi nyersanyaga, amelyet évezredek óta bányásznak az Erdélyi- és a Máramarosi-medencében, valamint a Keleti-Kárpátokban (HAHN GY. 1993). A sórétegek a miocén bádeni korszakában a Középső-Paratethys medencéiben a sós tengervíz bepárlódásával rakódtak le. A kősó sódómokká (sódiapír) gyűrve számos helyen felszínre, vagy felszín közelbe emelkedett (Torda, Kolozs, Szék, Szamosújvár, Désakna, Szováta, Parajd, Vízakna, Marosújvár, Aknaszlatina, stb.), így sok helyen külszíni vagy mélyművelésű bányákban kitermelhették. Az ipari méretű sóbányászat a Kárpát-medencében a 18. század végén indult meg. A kiváló minőségű sóért később egyre mélyebbre kellett menni, a növekvő méretű aknákat azonban egyre jobban veszélyeztették a vízbetörések. A sóbányák legnagyobb ellensége az édesvíz. A vízbetörések hatalmas károkat okoztak a bányákban, gyakran a sóaknák "befulladását", majd az aknák beomlását eredményezték. Kárpátal-

ján (Aknaszlatina) (2. ábra) és Erdélyben (Vízakna. Aknasugatag, Marosújvár stb.) több tucat szakadékdolina, lezökkenéses dolina és sóstó jelzi az egykori beomlott bányák helyét, amelyek tömény sóoldatát az utóbbi évtizedekben balneológiai célokra hasznosítanak. (BALÁZS 1990, IZSÁK 2007, BERGHAUER 2012, SCHMIDT ELIGIUS 1941, LUKÁCS K. – LUKÁCS J. 1999).



3. ábra: Az aknaszlatinaisótest Pitter. nyomán  
Fig. 3: Aknaszlatina salt diapir after Pitter

A Kárpátalja területén (Ukrajna) található mintegy 2400 m hosszú, 1300m széles és több mint 600 m vastagaknaszlatinaisótest régóta ismert só előfordulás a Kárpát-medencében (3. ábra) (PAPP évszám nélkül). A Tisza kavicssterasza alatt elhelyezkedősótestet azonban csak 1773-ban kezdték kutatni és feltárni, az aknával és kamrával történőújabbkorisótermelési folyamat pedig csak 1778-ban indult meg, amikor megkezdték a Krisztina akna telepítését, ahol a sótestet 18 m mélységben találták meg. A napjainkig tartó bányászat során Aknaszlatinántíz sóbányát alapítottak: a Krisztina-, az Albert-, a Kunigunda-, a Miklós-, a Lajos-, a József-, a Ferenc-, az új Lajos-

bányát még az I. világháború előtt, a szovjet időkben pedig a 9-es és 10-es bányát, az utolsót azonban sohasem művelték. A legtöbb bánya vízbetörés áldozata lett. A XXI. század elején még működő utolsó két bányát (9-es bánya, Új Lajos bánya) 2010-ben zárták be ugyancsak vízbetörés miatt, amely úgy tűnik, hogy egy közel 250 éve tartó bányászati hagyománynak végérvényesen véget vetett (2. ábra, SZOKOL1879, SCHMIDT ELIGIUS 1941, RÉTHY 2010).

#### **Aknaszlatina sóbányái:**

1. Krisztina bánya 1778-1779
2. Albert akna 1781-1788
3. Kunigunda-bánya 1789-1906 vízbetörés során befulladt.
4. Miklós bánya 1789-1790-ben egyesült a Kunigunda-bányával.
5. József-bánya 1804 tartalékbányának használták.
6. Lajos-bánya 1804-1809 vízbetörés során befulladt.
7. Ferenc-bánya 1808-1945 után (?) vízbetörés során befulladt.
8. Új Lajos-bánya 1886-2010 vízbetörés során befulladt.
- 9-es bánya 1975 – 2010 vízbetörés során befulladt. (A 9. számú aknában 300 m mélyen nemzetközi hírű asztma- és allergiagyógyító szanatóriumot hoztak létre 1976-ban).
- 10-es bánya (A szovjet időkben lett kész, de ezt már sohasem használták).

#### **A sóbányák beomlásának okai és következményei**

Asóbányák beomlásának okait és következményeit SCHMIDT ELIGIUS elemezte és foglalta össze elsőként az aknaszlatinai Kunigunda bánya területén végzett vizsgálatait alapján: *A szlatinai sótömsz ÉNy—DK-i irányban körte alakban elnyúlt sótest, amely Máramarosszigettől északra a Tisza völgyében, hatalmas kavicsterasz alatt fekszik. A Tisza már lecsúszott a dóm tetejéről s ma dél felől széles kanyarral megkerüli a feltörő sótestet, amelynek hosszabb tengelye körülbelül 2400 m, legnagyobb szélessége körülbelül 1300 m, a mélysége pedig az egyik kutatófúrás szerint több mint 600 m. A csapadékvíz és magas vízálláskor a Tisza vize a helyenként 30 m-nél vastagabb kavicsteraszokon át a sótest fölé jut. Keletre, Veresmartnál, a kanyar elején a Tisza vízállása körülbelül 30 m-el magasabb, mint a körülbelül 12 km-el nyugatabbra a kanyar végében fekvő Szarvasszónál. Ezért a nyugat felé lejtő kavicsba jutott Tiszavize kelet-nyugati irányban áramlik. Közben a sótesten halad át, amelyet ott, ahol a védőréteg, a homokos, márgás, sós agyag az ú. n. pallaghiányzik, vagy elvékonyodik, megtámadja. Ezért fullad-*



*tak el aKunigunda és a vele közvetlenül szomszédos bányák is(SCHMIDT ELIGIUS 1941,3. ábra).*



*1. kép: Ferenc bánya tavas szakadékdolinája*  
*Picture 1: Collapse doline with lake in Ferenc mine*

A 19. és 20. század fordulóján több felszínalatti vízelvezető csatornát alakítottak ki, amelyek több-kevesebb eredménnyel védték a bányákat, ám a második világháború után – főleg a Szovjetunió összeomlása utáni időkben – ezek karbantartására egyre kevesebb figyelmet fordítottak, amely 2010 végére a még megmaradt utolsó két működő sóbánya bezárását, elfulladását és beomlását eredményezte a tiszai árvizek vízbetörése miatt. A bánya megsemmisülésének főoka az volt, hogy az üzem vezetői nem gondoskodtak a felszíni vizek elvezetésére kialakított csatorna- és tárnarendszer, az úgynevezett stólok karbantartásáról. A múlt század hetvenes–nyolcvanas éveiben a korábbi gyakorlattal ellentétben, hozzá nem értő bányagazdátok kerültek az üzem élére, elhanyagolták a stólokat, és a felszíni vizek kezelését, emiatt egyre több víz szivároghatott le a sötömbbe. A XXI. sz. első évtizedében már olyan nagy mennyiségű víz ömlött be a bányajáratokba, amelynek a kiszivattyúzása túl nagy költségekkel járt, amit a bányák vezetése már nem tudott finanszírozni és ez katasztrofális következményekkel járt. Egyre gyakrabban omlottak be a bányajáratok, a felszínen kisebb-nagyobb gödröket, szakadékokat kialakítva. A beszakadások helyén víznyelők és sós tavak jöttek létre. A bányák helyén egy gyorsan fejlődő sókarsztos térszín alakult ki (1. kép, SCHMIDT ELIGIUS 1941, LUKÁCS K. – LUKÁCS J. 1999, BERGHAUER 2012).



## A sókarsztos formák vizsgálatának eredményei

A só oldódása alapvetően eltér a mészkőkarsztok karbonátos és hidrokarbonátos oldási folyamataitól, sokkal egyszerűbb azoknál. Az oldás dinamikája csupán a sóközet oldási együtthatójától, az oldószer és a szilárd fázis érintkezési felületétől, az érintkezési időtől függ. A klasszikus értelemben vett karsztosodási folyamatban fontos szerepet játszó  $\text{CO}_2$ -nek a kősó oldásában lényegében nincs nagy jelentősége, ahogy a hőmérsékletnek és pH-nak sem. Az oldás semleges pH mellett is végbemegy, a kősó ( $\text{NaCl}$ ) Na és Cl ionokra esik szét (BALOGH 1992, FORD – WILLIAMS 2007. Éppen ezért ezt a folyamatot parakarsztos oldódásnak, az így kialakult karsztot parakarsztnak nevezzük. Akősó sokkal gyorsabban oldódik, mint az egyéb karsztosodó kőzetek. Laboratóriumi kísérletek bizonyítják, hogy a desztillált vízben több mint 25 000-szer gyorsabban oldódik, mint a mészkő (JAKUCS 1971, VERESS 2004, ZÁMBÓ 1992).

Jóllehet a só oldásában a hőmérsékletnek önmagában nincs fontos szerepe, aklíma mégis fontos hatótényező a sókarsztok formakincsének kialakításában, alapvetően meghatározza a karsztos táj jellemzőit, a formák méretét és a formákincs változatosságát is (FORD – WILLIAMS 2007, GUTIÉRREZ et al. 2014, JAKUCS 1971, MACALUSO – SAURO 1996, VERESS 2004, WARREN, J. K. 2006, ZÁMBÓ 1992). Asódiapírok kiemelkedése és a klimatikus tényezők (főleg a csapadék mennyisége) által meghatározott oldódás egymáshoz viszonyított aránya alapján nedves éghajlatokon és a száraz éghajlatokon a parakarsztos folyamatok nem egyforma intenzitással mennek végbe (BALÁZS 1990, VERESS 2004). A csapadékos területek intenzív oldási folyamatai hamar felemésztik a sóközetet, ha az felszínre kerül, a száraz területeken a formák változatosabbak és időtállóbbak. A másodlagos sókiválások kialakulásában is nagy szerepe van az éghajlatnak (a hőmérsékletnek, a csapadéknak és a párolgásnak). Az arid-szemiarid klíma kedvez leginkább a sókarsztok kialakulásának, ugyanis a magas hőmérsékleten és alacsony csapadékmennyiség mellett optimális feltételek vannak az oldáshoz, de nem emésztik fel az egész kőzetet, másrészt ilyen körülmények között válnak ki a leggyorsabban a sókristályok a telített sóoldatból (FILIPPI et al 2011).



2. kép: Ferenc bánya 2. szakadékdolinája alján hasadékkarokkal (clints) (collapsedoline)  
 Picture 2: Clints and grikes at the bottom of the 2<sup>nd</sup> collapsedoline in the former Ferenc mine

A mintegy 1,9 km<sup>2</sup> kiterjedésű körte alakú aknaszlatinaisótest eltemetett helyzetben van, átlagosan 25-30 m vastagságban kavicsos, homokkal és néhány méter vastag vízálló sóagyaggal (pallag) van borítva (2. ábra) (SZOKOL 1879, SCHMIDT ELIGIUS 1941, RÉTHY 2010). Az aknaszlatinaisókarszt tehát eredetileg fedett, eltemetett vagy rejtett karszt volt (VERESS 2004). Az évszázadok óta tartó felszínen végzett, ill. mélyművelésű sóbányászat következtében a fedőüledékek egyes helyeken történő lepusztulásával, a só felszínre kerülésével kisebb foltokban nyíltkarszt keletkezett (2. kép). A vízzáró réteg megbolygatásával a felszínről beszivárgó és a kavicsban áramló vizek érintkezésbe kerültek a só felszínével, ahol megindult a korrózió. A felszíni berogyások kialakulása (horpák, dolinák) és a sóbányák beomlása minden esetben oldás nyomán létrejött anyaghiányra vezethető vissza. Az aknaszlatinaisókarsztformakincse a természetes úton is lejátszódó parakarsztos folyamatok, a természetes úton is lejátszódó, ám az emberi tevékenység hatására rendkívüli mértékben felgyorsuló („természeti-antropogén”) és az emberi beavatkozásra akaratlanul elinduló, de végül öntörvényűen fejlődő („szemiantropogén”) folyamatok eredményeként alakult ki (ERDŐSI 1969, 1987, GUTIÉRREZ et al. 2014, HORVÁTH et al. 2006).

## Dolina típusok

### Szakadékdolinák

A sókarszt legnagyobb méretű szakadékdolinái a bányakamrák beomlásával alakultak ki. A beomlás rendkívül gyorsan, néha napok vagy hetek alatt ment végbe. A római Colosseum méretét elérő, ill. azt meghaladó kb. 180-230 m átmérőjű és mintegy 30-40 m mély szakadékdolinák a sókarszt legnagyobb méretű formái (2. ábra, I. táblázat). A szakadékdolinák kialakításában a természeti tényezőkön kívül az antropogén hatásoknak is fontos szerepük volt. Kialakulásukban a nem megfelelő bányászati technológiák alkalmazásának, ebből következően a tiszai árvizek bányakamrákba történő behatolásával a kamrák közti pillérek oldással történő meggyengítésének volt meghatározó szerepe.

I. táblázat  
Table I.

A nagyobb méretű szakadékdolinák morfológiai jellemzői  
Morphometrical characteristics of the greater collapsed dolines

Szakadékdolina neve	GPS koordináták	terület (m <sup>2</sup> )	átmérő (m)	kerület (m)
Nagy-szakadék	47° 57' 2.8778" N, 23° 51' 59.1318" E	15 050	180	505
Új-szakadék	47° 57' 6.4333" N, 23° 51' 54.2386" E	17 190	190	656
Ferenc bánya tavas szakadékdolinája	47° 57' 19.9169" N, 23° 52' 9.7172" E	34 370	229	710
Sóstó Ferenc bánya szakadékdolinájában		8 340	130 X 73	378
Ferenc bánya 2. szakadékdolinája	47° 57' 24.0758" N, 23° 52' 7.5202" E	2 870	64	215
Fekete-mocsár tavas dolinája	47° 57' 16.4287" N, 23° 52' 43.3705" E	9 200	130	360
Tó a Fekete-mocsár dolinájában		2 564	73	205
Faluszlátina melletti beszakadás	47° 57' 3.2803" N, 23° 52' 4.0250" E	5 720	98	300
Szent János kápolna melletti beszakadás	47° 57' 8.0433" N, 23° 51' 59.9307" E	723	36	106

A XX. sz. második felében a még működő **8-as és 9-es bányák** leomlása már a Szovjetunió összeomlása előtt megkezdődött. A bányák megsemmisülésének fő oka az volt, hogy az üzem vezetői nem gondoskodtak a felszíni vizek elvezetésére szolgáló csatorna- és tárnarendszer, az úgynevezett stólok karbantartásáról, amelyekre a II. világháború előtti időkben még nagyon nagy figyelmet fordítottak. Ezeknek a létesítményeknek lett volna a feladata az esővíz gyors elvezetése, hogy megakadályozzák a víz beszivárgását a talajba. A huszadik század hetvenes–nyolcvanas éveiben azonban elhanyagolták a stólokat és a felszíni vizek szakszerű elvezetését, emiatt egyre több víz szivároghatott be a sötömbbe. A víz bányákba való

betörését az is gyorsította, hogy a szovjet időkben alkalmazott kamrás fejtés során a termelés növelése érdekében gyakran nem tartották be a műszaki előírásokat, esetenként több dinamitot használtak a robbantásoknál, mint amennyire szükség lett volna, így a sótest repedezetté, a víz számára könnyebben átjárhatóvá vált. Ennek az lett a következménye, hogy egyre több víz ömlött be a felszínről vagy a kavicsrétegekből a bányajáratokba, amelynek a kiszivattyúzása is egyre nagyobb költségekkel járt. Mindezeknek súlyos következményei lettek. Megindult a bányajáratok beomlása, ami a felszínen, repedéseket, kisebb-nagyobb gödröket, beszakadásokat hozott létre. A beszakadások helyén alakjukat, mélységüket gyorsan változtató, mély szakadéktöbrök, utánsüllyedékes és lezökkenékes dolinák, vízelvezető aknák és sekély sós tavak jöttek létre.

Az elkerülhetetlen katasztrófát az 1998-as és 2001-es tiszai árvíz vízszintemelkedése teljesítette be, amely vízbetörésekkel veszélyeztetette a bányákat. Évről-évre romlott a helyzet. 2002 őszétől a 9-es bányából óránként már 300 m<sup>3</sup> vizet szivattyúztak ki, de ez sem oldotta meg a helyzetet. 2007-ben a beáramló víz mennyisége meghaladta az 500 m<sup>3</sup>/órát, ezért fel kellett függeszteni a só kitermelését. A veszélyhelyzet miatt a 9-es bányában a termelés és az 1976 óta ott folytatott szanatóriumi gyógykezelés is leállt. 2010-ben a 8-as bánya is hasonló sorsra jutott. Katasztrófa-helyzet állt elő mindkét bányában, amelyeket hamarosan be is zártak. (BERGHAUER 2012).

### ***A Ferenc bánya tavas szakadékdolinája (3.) (a dolinák mellé írt számok a 2. ábrán a helyüket jelzi)***

A ma látható szakadékdolinák közül a Ferenc bánya felett kialakult szakadékdolina a legnagyobb méretű (230 m átmérő, 34370 m<sup>2</sup> terület és kb 30 m-es mélység) és a legrégebbi (*I. táblázat*). Az utóbbit azért kell hangsúlyozni, mivel az aknaszlatinai sóbányák területén korábban is kialakultak szakadékdolinák, (pl. a leírások és fennmaradt fotók tanúsága szerint a XX. század elején hatalmas szakadékdolina alakult ki a Kunigunda akna beszakadásával), de azok később részben természetes, részben emberi beavatkozások nyomán eltűntek. Németi Béla helybeli nyugalmazott sóbányász szerint a Ferenc bánya katasztrófáját (beomlását) az 1940-es években kitermelt és a bejárat közelében felhalmozott sóhegy nyomása okozta (vagy legalább is a sóhegy terhelésének is szerepe volt a bánya beomlásában). A bánya akkori igazgatója nem állította le a sóbányászatot a háború alatt és utána sem, jöllehet nem voltak vagonok, amellyel elszállíthatták volna a sót. Kénytelenek voltak hatalmas sóhegy formájában a bánya felett helyben tárolni a ki-

termelt sót. A bánya fokozatos beomlása a 40-es években kezdődött, az 50-es években is folytatódott (Németi Béla közlése).

A szakadékdolina mérete és alakja 2010-óta is sokat változott. a bányáomlások következtében. Az alján egy 130x73 m átmérőjű tömény sóoldattal kitöltött sóstó alakult ki, körülötte a szálban álló sóközet felszínre bukkan, amelynek felszínén jelenleg a sókarszt legérdekesebb karrtípusai láthatók (*1. kép*). A szakadékdolina jelenleg is fejlődik, keleti és déli kiszélesedő pereme elnyeléssel fenyegeti a régi aknaszlatinai temető síremlékeit. (Aknaszlatina község régi lakóházait már korábban, a két világháború között északabbra kellett telepíteni a Kunigunda bánya feletti beomlások és részben a bányaművelés okozta talajsüppedések miatt.) A kamrák beszakadásával kialakult nagy tavas szakadékdolina (cenote) mellett egy kisebb tölcser alakú szakadékdolina is kialakult (**Ferenc bánya 2. szakadékdolinája**, (a térképen **4. szám** jelöli) (*2. kép*), amely az egykori bánya szállító-aknájának tölcserszerű kiszélesedésével keletkezett.

### ***Új-szakadék (1.)***

Az Új Lajos bányában a lengyelek által már régebben ismert kamrás sóbányászatot alkalmazták. Egy kamra 20 m széles volt 60 m magas (ha a só tiszta volt esetenként magasabb is lehetett) a hosszuk pedig több tíz métertől kb. 300 méterig terjedt. A kamrák a fő folyosóból jobbra és balra ágaztak ki. A kamrák között pilléreket hagytak, ezek a lábak tartották a főtét. A Lajos-bánya fő vágata keleten a vasúton túl terjedt, a másik irányban a legnagyobb beszakadásig húzódott (*2. ábra*). A kamrák méretezését statikai szempontokat figyelembe véve alakították ki, amelyek a száraz sótestben stabilak voltak. A korábban említett vízbetörések azonban itt is megbontották a bánya stabilitását. A mellékelt térkép (*2. ábra*) alapján látható, hogy egy vagy több kamra mennyezetének részleges beszakadása hozta létre Faluszlatina határában azt a hatalmas iker berogyást, amely az utóbbi években keletkezett és elnyeléssel fenyegeti a falut. Az iker berogyás Faluszlatinához közelebbi mélyedését a Lajos bánya egyik sókamrájának beomlása hozta létre. A 2012-ben készített műholdképen a szakadékdolina alján egy tó látható. Két évvel később a szakadék kb. a kétszeresére szélesedett és összeért a szomszédos Nagy-szakadékkal. A tavas szakadékdolina (cenote) alját korábban kitöltő sóstó eltűnt, a tó helyén egy tágas szádájú víznyelő alakult ki, ahova a csapadékból származó vizeken kívül a falu egy részének (3 kilenc emeletes ház, óvoda, iskola) szennyvize vastag sugárban befolyik.

### **Lezökkenéses dolinák és utánsüllyedéses dolinák**

A fedett karsztos dolinák két jellegzetes altípusa a lezökkenéses dolina (dropout dolina), és az utánsüllyedéses dolina (szuffóziós dolina) (WALTHAM et al. 2004, VERESS 2004) gyakori a vizsgált sókarszt területén.

#### ***A Fekete-mocsár tavas dolinája (5.)***



3. kép: A Fekete-mocsár tavas dolinája  
Picture 3: Lake doline of Fekete swamp

A Faluszlatinaiak által Fekete-mocsárnak nevezett egykori lapos süllyedék területén, feltehetően az Új Lajos bánya egyik kamrájának beszakadása alakította ki 2006 telén ezt a nagyméretű bezökkenéses dolinát. Németi Béla nyugdíjas sóbányász elbeszélése szerint – akinek a hétvégi háza a szakadék szélén áll – földbegyökerező lábbal álltak, és figyelték, hogy indul meg a föld és nyeli el pár óra alatt a közeli házakat, az erdőt és utat. A süllyedés folyamata pár hétig tartott, aminek az eredményeként egy 9200 m<sup>2</sup> területű és 130 m átmérőjű lezökkenéses töbor alakult ki, amelyben egy 73 m átmérőjű édesvízű tó keletkezett (I. táblázat, 3. kép). Ez a dolina a fedőüledékekben jött létre, a tó vize nem érintkezik a kősóval, ezért nem sós vízű a tó.

#### ***Nagy-szakadék (2.)***

A Faluszlatina határában nyíló hatalmas iker berogyásról készített 4. képen jól látszik, hogy itt az alatta húzódó sókamra még nem szakadt be teljesen, de a részleges berogyások miatt kialakult mély kürtőkön és hasadékokon keresztül folyamatosan tart a fedőüledékek beomlása, ill. becsúszása. A nagyméretű bezökkenéses dolina (dropout dolina) alján felszínre bukkan a szálaban álló sóközet, amelyen jól fejlett karrformák alakultak ki (nyílt karszt), de azok tanulmányozása a köztük nyíló bányaszakadékok és főleg a dolinák omlásra hajló peremei miatt rendkívül veszélyesek. A vizsgálata-



inkhoz felhasznált 2012 és 2014 között készült, a GoogleEarth által közzétett műholdkép, ill. a terepen végzett megfigyeléseink, méréseink tanúsítják, hogy ez és a szomszédos kb 30 m mély szakadékdolina (*Új-szakadék 1* ma is aktív, gyorsan szélesednek, és várhatóan továbbterjednek a falu irányába, amely közelében húzódnak a bányavágatok (4. kép).



4. kép: Hasadékkarrok a Nagy-szakadék alján  
Picture 4: Clints and grikes at the bottom of Nagy-szakadék

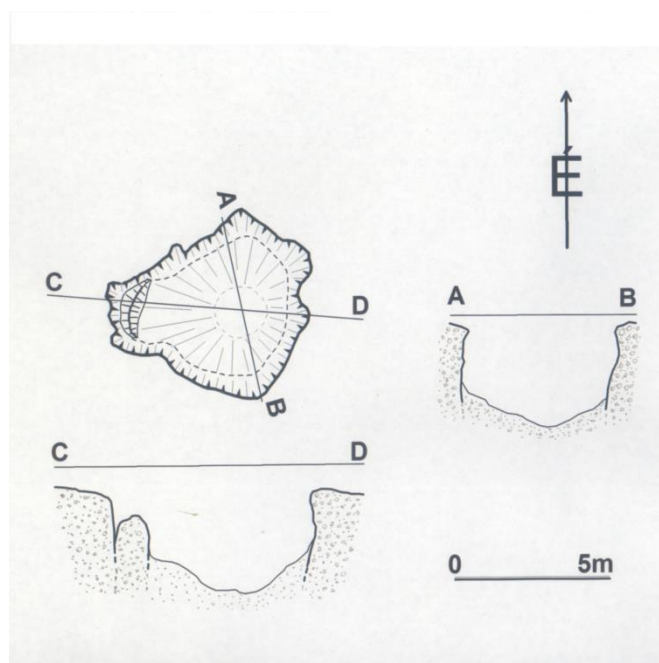
A Nagy-szakadék bezökkenése legalább 20 évvel ezelőtt kezdődött. Az akkor kialakult nagy mélyedést Némethi Béla szóbeli tájékoztatása szerint egyszer már feltöltötték azzal a földdel, amit a Sóbányászati Múzeum (már csak az épület áll, néhány éve bezárták) alatti gödörből termeltek ki, de később a behordott anyagot is teljesen elnyelte a beszakadás.

Az iker berogyás és a közeli kisebb méretű lezökkenéses dolinák helyén valaha egy kis kanyargós völgy húzódott (Izvor-patak völgye), amely az Új Lajos bánya feletti térszínről gyűjtötte össze a vizeket. A kis időszakos vízfolyás a zsidó temető mellett Ny felé kanyarodva nagy eséssel futott le a Tisza magas teraszának pereméről, amelynek lábánál valaha malom működött. Valószínűleg ennek az érnek a vize jutott be a régi kutatóaknákon, ill. újonnan kialakult repedéseken át a kavicsrétegeken keresztül a bányába, amit azután a tiszai árvizek követtek. A bánya elfulladásá után már csak idő kérdése, hogy a sókamrákpilléreinek oldásával mikor bomlik meg a statikai egyensúly, és mikor és hol indul meg a felszínig hatoló omlás. A 2014-es két terepbejárásunk közötti néhány hónap alatt is érzékelhető válto-



zások történtek a felszín morfológiájában, tovább szélesedett a két nagy beszakadás, és újabb kisebb lezökkenéses dolinák is kialakultak.

Faluszlatina északi peremvidéke jelenleg a dolinák kialakulásával leginkább veszélyeztetett terület, ahol további kisebb-nagyobb lezökkenéses dolinák pl. a **Faluszlatina melletti beszakadás (6.)** és a **Szent János kápolna melletti beszakadás (7.)** stb. jelzik, hogy az Új Lajos bánya kamráinak a beomlása folyamatosan tart (2. ábra). A régi Aknaszlatina egyetlen megmaradt lakóházával szemben állt valaha a sóbányászok körében népszerű Szent János kápolna, amelyet a szovjet időkben lebontottak. Napjainkban egy 36 m átmérőjű lezökkenéses dolinanyílik a helyén.

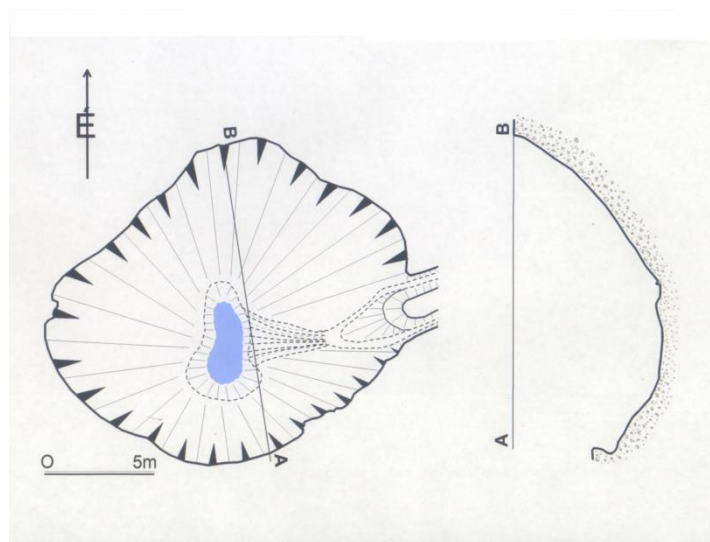


4. ábra: Fiatal dropout dolina  
Fig. 4: Young dropout doline

#### Fiatal lezökkenéses dolina (10. sz)

Az aknaszlatinaisókarszton számos kisebb méretű, függőleges falú vagy akár aláhajló falakkal határolt friss berogyás, lezökkenés látható, amelyek a só oldásával kialakult üregek vagy bányák kamrái, vágatai felett képződtek a mennyezeti repedéseken keresztül beszállító fedőanyag hiánya következtében. A felszínen látható lezökkenéses dolinák a sókőzetet betakaró, a Tisza által lerakott, nagyrészt összeálló kavicsos teraszanyagban jöttek létre, a só bennük sehol sem bukkan a felszínre. Beomlással, lezökkenéssel kelet-

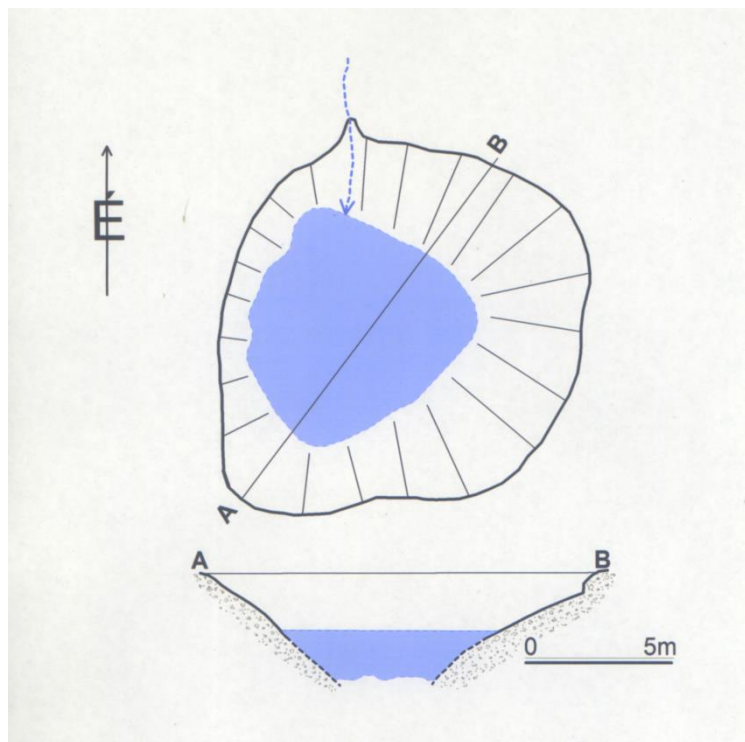
keztek, az omlás szakaszosan ment végbe. Ilyen jellegzetes lezökkenéssel képződött **Fiatal lezökkenéses dolina(10. sz)** látható a Ferenc bánya szakadéktól ÉNy-ra (4.ábra).



5. ábra: Víznyelővé átalakult lezökkenéses dolina  
Fig. 5: Dropout doline transformed into a swallow hole

### Víznnyelővé átalakult lezökkenése dolina(9.)

Víznnyelővé átalakult szakadékdolina alakult ki a Ferenc bánya és a 9-es bánya közti területen. A 9-es bánya megnyitása előtt itt egy kis időszakos vízfolyás (Glod-patak) húzódott, amely a Ferenc és az egykori Kunigunda bányákat északra megkerülve folyt a Tisza (ÉNY) felé. Ez a felszíni vízfolyás veszélyeztette a sóbányákat, ezért egy mesterséges felszín alá bújtatott csatornát alakítottak ki a nyomvonalán a kavicstakaró és a sótest feletti pallag határán, amely összegyűjtötte a kavicsban áramló vizeket, és ÉNy felé elvezette. A szovjet időkben ez a csatorna is eldugult, részben beomlott, de a nyílása még látszik egy horpadás alján a 9-es bánya közelében. A bányabeomlások miatt süllyedések következtében lealacsonyodott térszínen a 9-es bánya körül összegyűlő vizek egy kis eret táplálnak, amely napjainkban már nem a csatorna nyílása felé folyik, hanem a **9. sz. Víznnyelővé átalakult lezökkenése dolina** felé tart, ahol a repedések elnyelik a vízfolyást. Jól látszik, hogy csapadékosabb időben, hóolvadás után nem tudja elnyelni maradéktalanul a befolyó vizet, amely továbbfolyik a közeli **Tavas-dolina (8.) felé(5.ábra)**.



6. ábra: Tavas(Lake) dolina  
Fig. 6: Tavas(Lake) doline

### Tavas dolina(8)

Számos sódolina alakja utánsüllyedéses(szuffóziós) eredetre utal az aknaszlatinaisóhegyterületén (5. 6. kép). Az elmúlt évtizedekben történt emberi beavatkozások, tereprendezések, sóterápiai célú hasznosítás miatt azonban legtöbbjük alakja átalakult. A vizsgált dolinák közül a természetes folyamatok során kialakult **Tavas dolinát(8)** mutatjuk be példaként, amely a 9-es bánya közelében található (6.ábra, 7. kép).



5. kép: Utánsüllyedékes dolina (fedett karsztos dolina)  
Picture5: Subsidentdoline (covered karst doline)



6. kép: Fiatal lezökkenékes dolina az Aknaszlatinai-sókarszton  
Picture 6: Young dropout doline at Aknaszlatina salt karst





7. kép: Tavas-dolina  
Picture 7: Lake doline/Tavas-doline

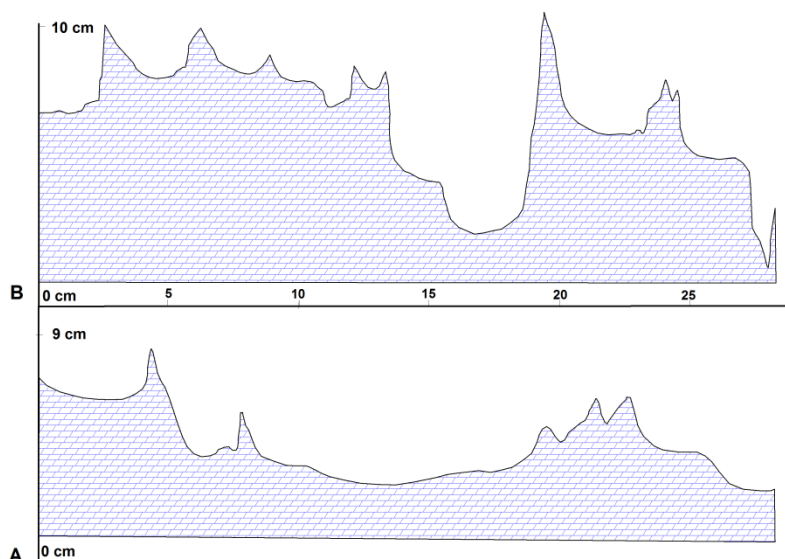


8. kép: A fedőüledékek és a sóközet határa Ferenc bánya tavas szakadékdolinájában  
Picture 8: Caprocks and the border-line of salt rocks in the lake collapse doline on the spot of Ferenc mine

## Karrok

Az aknaszlatinai sókarszt területe nagyrészt fedett karszt, ahol a sótestet néhány m vastag vízzáró agyagos üledék fedi, amely természetes állapotában megvédte a sóközetet a felette elhelyezkedő kavicsos üledékekben áramló

víz oldó hatásától. Emiatt viszonylag kis mértékű a fedett térszín karrosodása. Mivel viszonylag kevés feltárásban lehet csak a sóközetek és a fedőüledékek érintkezését látni, nehéz általánosítani. A sóközet felszínének egyenetlenségei, a Ferenc bánya tavas szakadékdolinájában, a Nagy- és Új-szakadék alján kibukkanó sóközet felszínén megfigyelhető markáns oldási nyomok arra utalnak, hogy valamiféle oldási folyamat a vízzáró réteg alatt is végbe megy (8. kép). Annak ellenére, hogy nyílt karsztos térszínnek lényegében csak az említett legnagyobb méretű szakadékdolinák és lezökkenéses dolinák alján fordulnak elő jelenleg, viszonylag változatos a megjelenésük. A kőso rendkívül gyors oldódása rövid idő alatt viszonylag nagy és változatos formákat alakít ki, de a formák, sőt maga a sókibúvás is hamar eltűnhet. Tekintélyes méretű sóhegy, és jól fejlett karros formakincs képét örökítették meg a mintegy 10 évvel ezelőtt készített felvételek Aknaszlatina közelében, amelyek napjainkban azonban már nem léteznek!



7. ábra: Karrszelvények a Ferenc bánya tavas szakadékdolinájában. A.kamenycás térszín közel vízszintes területen, B. karrbarázdás térszín lejtős területen

Fig. 7: Cross sections of karren fields in the Collapse doline with lake in the former Ferenc mine. A. kamenitza terrain on an almost horizontal area, B. rillen terrain on slopes.

A sóközeten kialakult formákat a Ferenc bánya tavas szakadékdolinájában tanulmányoztuk, mivel a többi szakadékdolina alján a sóformák vizsgálata az állandó omlásveszély miatt veszélyes. Aszállban álló sóközet a szakadékdolinameredek, helyenként csaknem függőleges oldalfalát alkotja, ill. néhány foltban a dolina alján a tóval el nem borított térszíneken bukkan

felszínre. Összességében a csupasz sófelszín kiterjedése kicsi. Alejtős területeken a karrformák közül az áramlástól függő formák fordulnak elő a leggyakrabban. A lejtőn szabadon áramló víz alakítja ki a fedetlen sziklafelszínen e formákat. Mivel a lejtők nagy része meredek és viszonylag kicsi az a felület, ahol a csapadékból származó víz összegyűlhet, főleg a néhány cm átmérőjű és mélységű rovátkakarrok (rillek) hálózata jellemző, amelyek a lejtők alján kiékelődnek (Ausgleichsfleche). A lefolyó víz a nagyobb kiterjedésű (több m<sup>2</sup>-es) sólejtőkön vízágakra bomlik, amelyek 10-20 cm mélységű vályukarrokba (rinn) torkollanak. Néhány szép meanderkarr is kialakult a tó felé lejtősödő térszíneken. A kevés sík felszínen madáritatók, karrtalak jöttek létre, amelyek a lejtő irányában túlfolyó vályukban folytatódnak (9. kép). A közel függőleges lejtőket falikarrok uralják, amelyek a sóközet réteghézag karrjainál általában elvégeződnek. Egyelőre nem tisztázott, hogy a sóstóból kiemelkedő markáns színű szerűvályatok réteghézagkarrok vagy vízszintesszínűek, amely a tó vízszintjének süllyedéséhez kapcsolódnak (10. kép). A nagy szakadékdolinák alján a bányakamrák felé nyíló kürtők között óriás méretű oldással bővített hasadékkarrok alakultak ki. Ezek tanulmányozása azonban a bányaomlások miatt nagyon veszélyes.



9. kép: Sókarros felszín Ferenc bánya tavas szakadékdolinájának alján  
Picture 9: Karren field on salt surface at the bottom of the Collapse doline with lake  
on the spot of Ferenc mine





10. kép: Színlőszerű karrformák és sókiválások Ferenc bánya tavas szakadékdolinájában  
 Picture 10: Horizontal karr forms and secondary halite deposits in the Collapse doline with lake in Ferenc mine



11. kép: Karrformák mérése profilfésűvel  
 Picture 11: Measuring karr forms with profile comb

A sókarrok-morfometriai vizsgálatánál profilfésűt alkalmaztunk a karrformák alakjának és méretének meghatározására (11. kép). A kísérleti mintavétel alkalmával a helyszínen lement profilok közül két szelvényt mutatunk be, amelyek egy karos cellából (TÓTH 2007, VERESS 2007) származnak; egy madáritatós sík felszínén és egy alatta húzódó lejtőn kialakult karrbarázdákkal (rillek) borított térszínen készültek (9. kép). A két szelvényt

párhuzamosan vettük fel úgy, hogy mindkét térszínről egy-egy profilt kapjunk (7.ábra). Az így elkészült szelvényeken nem csak a karrok jellemző profilja, hanem a kioldás mértéke is jól tanulmányozható, ill. kiszámítható. E tanulmányban még csak előzetes eredményeket tudunk közzé tenni, a módszert később további helyszíneken is kipróbáljuk, ill. az alkalmazásához kapcsolódó további lehetőségeket megvizsgáljuk

A sókarrok koráról, kialakulásuk sebességéről csak hézagos ismereteink vannak. A bemutatott formák maximum 3-4 évesek, mivel a szakadékdolinában a sóközet felszínre bukkanása csak akkoriban történt, de az is lehet, hogy rövidebb idő alatt alakultak ki

### **Másodlagos sókiválások**

Az Aknaszlatinai-sókarszt oldási formái mellett szembetűnőek a másodlagossókiválás különböző típusai is. A képződményeket a kialakulás helyszíne és mechanizmusa alapján csoportosítjuk (FILIPPI et al 2011). E tanulmányunkban csak a természetes vagy természeteshez közel álló helyszínek (sós tavak, sós vízű patakok, szakadékdolinák) másodlagos sókiválásaival foglalkozunk, a sóterápiára szolgáló – nagyrészt mesterségesen átalakított medencéket – figyelmen kívül hagyjuk.

### **Átkristályosodás patakokban, medencékben**

#### ***Úszó tutajok = „Floatingrafts”***

Úszó tutajoknak nevezzük azokat a vékony sókérgeket, melyek a víz felszínén úsznak, lebegnek. Ott alakulnak ki, ahol a sós víz telítődik, és a só vékony lemezek formájában kicsapódik a vízből, mely folyamatosan gyarapodik. Méretük néhány mm<sup>2</sup>-től maximum 30 cm<sup>2</sup>-ig terjed, vastagságuk általában 1-2 mm. A tutajok a víz alá is merülhetnek (akár gátakat is képezhetnek), ha a súlyuk megnő, vagy a vízáramlat sebessége megváltozik. Napjainkban csak a Ferenc bánya tömény sóoldatából válhat ki, a többi, kisebb sóstó koncentrációja nem elég a bepárlódáshoz.

### ***Kérgék és lemezek a sós víz felszínén***

Mikrokristályos, 0,5-1 cm vastag masszív fehér kérgék, melyek fokozatosan fejlődnek, gyarapodnak. Ezek átlátszó, nagyon vékony lemezek. Később, a víz mozgásának következtében kezdenek el vastagodni. Felületük sima, vagy enyhén hullámos. Medencék peremén jellemzőek, gallérokat képezhetnek álló és folyóvizek mellett. Tíz éve, amikor a bányákból nagy telje-

sítményű szivattyúkkal kiemelték a bányákat veszélyeztető vizeket, a felszíni vízfolyások tovább kiszélesedő medencéiben és a Kunigunga bánya helyén keletkezett sóstavakban gyakran kialakultak. Az egykori vízfolyások és sóstavak helyén kialakított mesterséges medencék lényegében megszüntették a kiválások helyszíneit.

### **Kiválások csöpögő, fröcsögő, és légköri vízből (párából)**

#### ***Szalmacseppkövek***

Közvetlenül a kősóból, vagy akár idősebb másodlagos sókiválásból képződnek, átmérőjük 0,5-1 cm, hosszuk max. 0,1m, belsejük üreges, amelyben lefelé mozog az áramló víz, amelyből kiválik a cseppkő anyaga. Főleg aláhajló sófalakon, széles réteghézag karokban, színlők vájataiban figyelhetők meg.



12. kép: Másodlagos sókiválás egy kis barlangban (A barlang 2005 óta elpusztult)  
Picture 12: Secondary halite deposits in a small salt cave (the cave dammigde since 2005)

### **Mikro- és makrokristályossókiválások**

Mikro- és makrokristályossókiválások lassú párolgás mellett alakulnak ki kedvező körülmények között, elsősorban magas páratartalom mellett. Esőtől védett helyeken aláhajló sófalakon, kis barlangokban, színlőszerű vájatokban érdessé teszik a sóközet felszínét (12. kép).

### ***Biogén anyagokra kirakódó sókérges***

Jóllehet a sókarszt tavai és vízfolyásai nem nyújtanak kedvező feltételeket az élő szervezeteknek, növényi és állati eredetű maradványok belekerülhetnek a sós vízi környezetbe. Az erőteljes párolgás következtében a só kicsapódik, és lerakódik ezekre, ezáltal új „*formakincset*” hozva létre. Leggyakrabban pókhálók, növények részei, kisebb elhullott állatok maradványain találkozhatunk ezzel a jelenséggel.

### **Összegzés**

Tanulmányunkban az Aknaszlatinai-sókarszton a parakarsztos folyamatok során létrejött formakincs vizsgálatának eredményeit foglaltuk össze. Terepbejárásaink során és műholdképek segítségével, térinformatikai módszerekkel meghatároztuk az elmúlt évszázadokban kialakult sóbányák helyét, és elemeztük azokattermészeti és antropogén hatásokat, amelyek szerepet játszanak a sókarszt morfológiájának (beomlások, karrformák, sóstavak kialakulása stb.) gyors változásában.

Az aknaszlatinai-sókarszt eredetileg fedett vagy rejtett karszt volt. Az évszázadok óta tartó felszínen végzett, ill. mélyművelésű sóbányászat következtében a fedőüledékek egyes helyeken történő lepusztulásával, a só felszínre kerülésével kisebb foltokban nyíltkarszt keletkezett.

A felszíni berogyások kialakulása (szakadék-, lezökkenéses- és szuffóziós töbrök) és a sóbányák kamráinak teljes vagy részleges beomlása minden esetben oldás nyomán létrejött anyaghiányra vezethető vissza.

Az aknaszlatinai-sókarsztformakincse a természetes úton is lejátszódó parakarsztos folyamatok, a természetes úton is lejátszódó, ám az emberi tevékenység hatására rendkívüli mértékben felgyorsuló („*természeti-antropogén*”) és az emberi beavatkozásra akaratlanul elinduló, de végül öntörvényűen fejlődő („*szemiantropogén*”) folyamatok eredményeként alakult ki.

A 180-230 m átmérőjű és mintegy 30-40 m mély szakadékdolinák a sókarszt legnagyobb méretű formái, amelyek az egykori sóbányák kamráinak felszakadásával jöttek létre. Kialakulásukban a tiszai árvizek és felszíni vizek betörésének volt meghatározó szerepe. A beszakadások helyén alakjukat, mélységüket gyorsan változtató, mély szakadéktöbrök, tavas dolinák, víznyelők és sekély sós tavak jöttek létre.

Legnagyobb számban fedett karsztos dolinák alakultak ki, amelyek lezökkenéses- és utánsüllyedéses dolinák, a Tisza nagyrészt összeálló kavi-

csos teraszanyagában jöttek létre. A kőso bennük sehol sem bukkan a felszínre.

Az aknaszlatinaisókarszt területe nagyrészt fedett karszt, ahol a sótestet néhány m vastag vízzáró agyagos üledék fedi. Nyílt karsztos térszínnek, karrmezők lényegében csak a legnagyobb méretű szakadékdolinák alján fordulnak elő, ennek ellenére a sóközet gyors oldódása miatt viszonylag változatos a megjelenésük.

A karrformák közül a lejtős területeken az áramlástól függő formák (rillek, rinnek) fordulnak elő a leggyakrabban, sík felszíneken madáritatók, a sófalakonfalikarrok és vízszintes színlőszerű oldásos formák jellemzők. Utóbbiak a sós tó szintváltozásai során alakultak ki.

A sókarrokmaximális korát, kialakulásuk sebességéta szakadékdolinák kialakulásához, és a nyíltkarsztos térszínnek kialakulásához kötvemaximum 3-4 évesnek tartjuk, de az is lehet, hogy fiatalabbak, és csak az utóbbi egy-két év alatt alakultak ki.

A karrformák morfometriai vizsgálatasorán egy új módszerrel profil-fésű alkalmazásával kísérleteztünk, amely méretei folytán kiválóan alkalmas a sókarrok vizsgálatára. A másodlagos sókiválásokkal e tanulmányunkban csak érintőlegesen foglalkoztunk, lényegében csak a tipizálásuk történt meg.

Terepbejárásaink és méréseink során azt tapasztaltuk, hogy a sókarszt felszíne folyamatos változásban van, új berogyások keletkeznek napjainkban is, amelyek főleg a faluszlatinai épületeket, létesítményeket veszélyeztetik.

### **Köszönetnyilvánítás**

Szeretnénk köszönetet mondani mindazoknak, akik részt vettek a terepi mérésekben, önzetlenül segítették, ill. támogatták munkánkat, Bodor Tibor gimnáziumi tanárnak (Szolnok), Tóth Nikolett, Katona Krisztián és Keresztes Péter földrajz szakos hallgatóknak (ELTE TTK FFI). Hálás köszönettel tartozunk Németi Béla nyugdíjas aknaszlatinai bányásznak, aki rengeteg hasznos információval szolgált baráti beszélgetések során az egykori bányákkal és Aknaszlatina múltjával kapcsolatban, és a terepbejárás során nyújtott rengeteg segítségéért. Nélküle ez a tanulmány nem születhetett volna meg!

### **IRODALOM**

BALÁZS D. (1990): A szodomaini sókarszt – Természet Világa: Természettudományi Közlöny, 121. 2. pp. 85-88.

BALOGH K. (1992): Szedimentológia II – Akadémiai Kiadó Budapest, pp. 290-344.

BERGHAUER S. (2012): A turizmus, mint kitörési pont Kárpátalján (?) (Értékek, remények, lehetőségek Ukrajna legnyugatibb megyéjében) – PhD értekezés Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola. Pécs 2012. p. 213.

ERDŐSI F. (1969): Az antropogén geomorfológia, mint új földrajzi tudományág. – Földrajzi Közlemények 17. 1. pp. 11–26.

ERDŐSI F. (1987): A társadalom hatása a felszínre, a vizekre és az éghajlatra a Mecsek tágabb környezetében. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 227 p.

FILIPPI M. et al (2011): SecondaryhalitedepositsintheIraniansaltkarst: generaldecription and origin – In: *International Journal of Speleology* 40 (2), 141-162. Tampa, Fl (USA), 2011.

FORD, D. C. – WILLIAMS P. (2007): KarstHydrogeology andGeomorphology – John Wiley and Sons. p 562.

<http://dx.doi.org/10.1002/9781118684986>

GUTIÉRREZ, F. – PARISE, M. – DEWAELE, J. – JOURDE, H. (2014): A reviewonnatural and human-inducedgeohazards and impactsinkarst –*Earth-ScienceReviews* 138. pp. 61–88.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.08.002>

HAHN GY. (1993): A kőszó szerepe Magyarország gazdaságtörténetében – Földrajzi Értesítő XLII. évf. 1993. 1. pp. 15-22.

HORVÁTH G. – MÓGA J. – LEÉL ÖSSY SZ. – ZÁMBÓ L. (2006): Karsztostájakleromlása(degradációja) kínaikarsztokon– ÜnnepitanulmányokKeveinéBárányIlonaprofesszorasszonytiszteltére. Táj, környezetéstársadalom, SzTEÉghajlattanéstájföldrajziTanszék, pp. 281-291.



*IZSÁK T.* (2007): Ukrajna természeti földrajza – Rákóczi-füzetek, XXVII. II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Ungvár, 216 p.

*JAKUCS L.* (1971): A karsztok morfogenetikája – Akadémia Kiadó, Budapest 310 p.

*LUKÁCS K. – LUKÁCS J.* (1999a): Aknaszlatina – a só, a víz és a levegő kincsestára Aknaszlatina. In:

<http://www.freeweb.hu/saltmining/elozo/04apr.htm>

*LUKÁCS K. – LUKÁCS J.* (1999b): Aknaszlatina, a só, a víz és a levegő kincsestára című könyvének "Máramarosi sóbányászat a XVIII., XIX. és XX. század térképeinek tükrében" című fejezete: <http://goo.gl/6OSjA4>  
*MACALUSO, T. – SAURO, U.* (1996): *The Karreninevaporitic rocks: a proposal of classification*- In: *FORNOS, I. J.- GINES, A.* (szerk.): *Karren Landforms*, Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca. pp. 277-293.

*MADONIA, G. – SAURO, U.* (2009). The Karren Landscapes in the Evaporitic Rocks of Sicily – in *GINÉS, A. – KNEZ, M. – SLABE, T. – DREYBRODT W.* (edit): *Karst Rock Features Karren Sculpturing* p. 525-533, Karst Research Institute, Postajna-Ljubljana 561 p.

*PAPP K.* (évszám nélkül): A Föld anyaga. In: Chólnoky J, –Littke A. – Papp K. – Treitz P. (szerk.) A Föld. A Műveltség Könyvtára. Budapest, pp. 9-103.

*RÉTHY K.* (2010): Bányászattörténeti Közlemények IX. 5. évf., 1. szám, Rudabánya, pp. 42-48.

*SCHMIDT ELIGIUS R.* (1941): A magyar só geológiája, bányászata és nemzetgazdasági jelentősége. A Mérnöki Továbbképző Intézet 1941. évi tanfolyamainak anyaga, 11. füzet, Budapest, 17 p.

*SZOKOL P.* (1879): Az aknaszlatina isótelep bányászata – Bányászati és Kohászati Lapok, 12. évf. 1879. pp. 133-135, 148-149.



*TÓTH G.* (2007): A mérsékeltövi mészkő magashegységek fedetlen karszos celláinak osztályozása és fejlődése. Szombathely, p.116.

*VERESS M.* (2004): A karszt – BDF Természetföldrajzi Tanszék p. 215.

*VERESS M.* (2007): A magashegységi karrosodás – BDTF. Szombathely, p.142.

*VERESS M. – PUSKÁS J. – ZENTAI Z. – BENKÓ Zs.* (2011): Development of karrenformation on the saltichills of Praid (Transylvanian basin, Romania). Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, September 2011, Vol. 6, No. 2, p. 183 – 194.

*WALTHAM, T. – BELL, F. – CULSHAW, M.* (2005): Sinkholes and subsidence – Springer. 381. p.

*WARREN, J. K.* (2006): Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons – Springer Berlin Heidelberg New York, p.1035.

*ZÁMBÓ L.* (1992): A karsztosodó kőzetek alaktana (karsztgeomorfológia). in: Borsy Zoltán (szerk.): Általános természetföldrajz – Fejezetek az általános természetföldrajz köréből, pp. 587-589.

*ZENTAI Z.* (1994): *A Parajdisókarszt geomorfológiája* – A BDTF Tud. Közl. IX. Természettud. 4, Szombathely. pp.233-248.